

## К ВОПРОСУ НАСТРОЙКИ ДВУХРОЛИКОВОГО ПРОФИЛЕНАКАТНОГО СТАНКА ДЛЯ НАКАТЫВАНИЯ РЕЗЬБ

Расулов Н.М., Мамедов Н.Т. (АзТУ, г. Баку, Азербайджан)  
Тел/факс (99412) 438 32 80; E – mail: nariman.rasulov@yahoo.com

**Аннотация:** В статье приведены схемы динамических размерных цепей, включающих средний диаметр резьбы, определение наладочного размера при накатке резьбы радиальной подачей. Дана конструкция устройства, обуславливающего повышение точности шага резьбы и эффективности процесса наладки.

**Ключевые слова:** накатка, резьба, ролик, наладка, точность, цепь.

Накатывание резьб обеспечивает высокую производительность процесса резьбообработки. Рассматриваемый параметр накатываемых профилей, да и его точность, являются замыкающим звеном соответствующей технологической размерной цепи, сформированной при накатывании. В связи с этим, выявление, схематическое представление и решение технологических размерных цепей точностных параметров накатываемых профилей позволяет установить источники повышения точности обработки. А управление ими в нужном направлении одновременно с повышением точности гарантирует высокую эффективность процесса обработки.

Из вышеизложенного следует, что исследование резьбонакатывания в свете теории размерных цепей и повышения эффективности процесса накатывания профилей весьма актуально [1].

Настройка станка на размер является одним из этапов выполнения технологической операции и существенно влияет на ее эффективность. То есть, обеспечение эффективности операции в большой степени зависит от обеспечения эффективности настройки станка. Однако, в связи с отсутствием теоретических основ определения настроечных размеров при резьбонакатывании, все работы в этом направлении базируются на результатах практических исследований [2].

Целью настоящей работы является повышение эффективности процесса резьбонакатывания на двухроликовом профиленакатном станке.

Использование при накатывании резьб различных схем выполнения процесса приводит к тому, что, соответственно, значительно отличаются друг от друга и механизмы формирования настроечных размеров.

В настоящей работе теоретические исследования настроечных размеров выполнены для накатывания резьб на двухроликовом профиленакатном станке методом радиальной подачи.

В качестве объекта исследования выбраны метрические резьбы шпилек.

Для обеспечения требуемой точности резьб производится настройка станка в четырех направлениях: настройка с обеспечением межосевого расстояния шпинделей; настройка с обеспечением параллельности осей шпинделей; настройка с обеспечением осевого и кругового положения роликов; настройка с обеспечением точности вертикального положения заготовки.

На точность диаметральных размеров любого поперечного сечения накатанных резьб влияет в основном, настройка станка с обеспечением межосевого расстояния шпинделей.

В связи с этим исследование межосевого расстояния шпинделей как настроечного размера ( $H$ ) приобретает особое значение. Для его определения

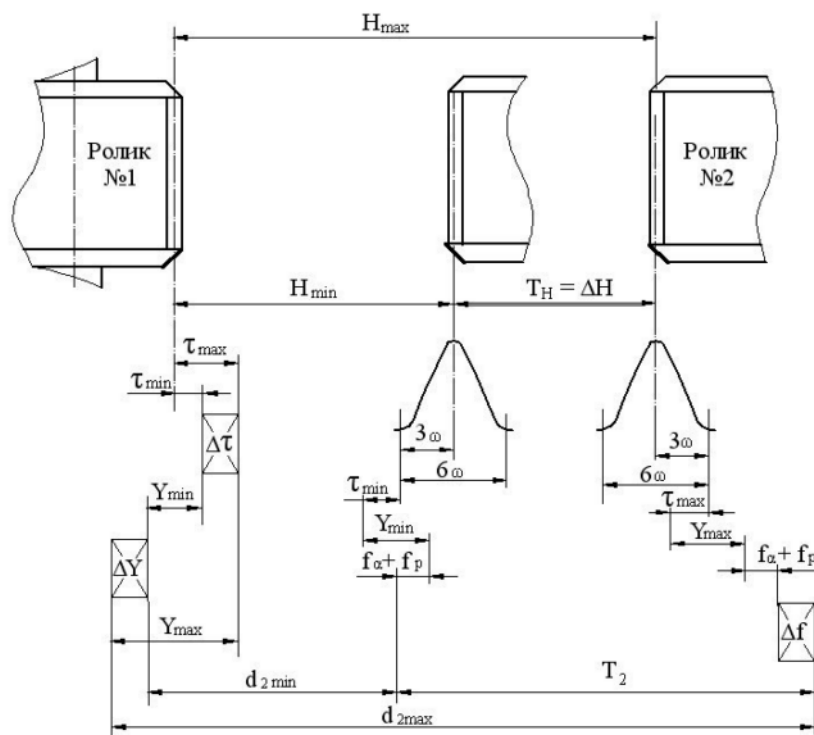


Рис. 1. Схема формирования настроечных размеров для резбонакатывания на двухроликовом профиленкатном станке

на компенсацию погрешностей угла профиля и шага резьбы. Обратная конусность не допускается.

Под влиянием силы накатывания элементы технологической системы: шпиндели, ролики и заготовка - претерпевают упругие деформации. А они влияют в направлении последующего увеличения формируемого размера [2].

Вероятность образования бракованной резьбы не возникает, если суммарные предельные значения упругих деформаций  $Y_{min}$  и  $Y_{max}$  будут включены в допуск на средний диаметр, как показано на рис. 1.

На двухроликовом станке при резбонакатывании температура в зоне контакта инструмент – заготовка достигает  $500^{\circ}\text{C}$  [3]. Заготовка и инструмент претерпевают тепловые деформации. Тепловые деформации влияют на диаметральные размеры в направлении их уменьшения.

С учетом отмеченных факторов была построена динамическая размерная цепь формирования настроечного размера (рис. 1). Принимается, что максимальные значения тепловых деформаций соответствуют максимальному значению упругих деформаций элементов технологической системы, и наоборот. При этом принимается, что большие значения упругих деформаций ( $Y_{max}$ ) поражают большие значения тепловых деформаций ( $\tau_{max}$ ), и наоборот. Настроечный размер может быть определен решением размерной цепи расчетом на максимум – минимум или теоретико-вероятностным методом.

Из размерных цепей находим:

- наибольший настроечный размер:

рассматривается и принимается во внимание механизм влияния на него участвующих в его формировании технологических факторов (рис. 1).

Профиль резьбы формируется размером инструмента. Анализ проводится по сравнительно точному параметру резьбы – по среднему диаметру  $d_2$ . Допустим, что предельные размеры среднего диаметра -  $d_{2 min}$ ,  $d_{2 max}$  и допуск -  $T_2$ . По стандарту погрешности формы резьб  $\Delta f$  включаются в допуск их размера и составляет примерно 25 % его, часть допуска на средний диаметр резьбы задается

$$H_{\max} = d_{2\max} - \Delta f - f_a - f_p - 3\omega - 2Y_{\max} + 2\tau_{\min}, \quad (1)$$

- наименьший настроечный размер:

$$H_{\min} = d_{2\max} + f_a + f_p + 3\omega - 2Y_{\min} + 2\tau_{\min} \quad (2)$$

- средний наладочный размер, с учетом упругих и тепловых деформаций и неподвижного шпинделя:

$$H_{cp} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min} - \Delta f - 2Y_{\max} - 2Y_{\min} + 2\tau_{\max} + 2\tau_{\min}), \quad (3)$$

где  $\Delta f = T_f$  - часть допуска на средний диаметр резьбы, заданная стандартом на погрешность формы резьбы;  $f_a = T_\alpha$  - часть суммарного допуска на средний диаметр резьбы, являющаяся диаметральной компенсацией погрешности угла профиля резьбы;  $f_p = T_p$  - часть суммарного допуска на средний диаметр резьбы, являющаяся диаметральной компенсацией погрешности шага резьбы;  $Y_{\max}$  и  $Y_{\min}$  - наибольшая и наименьшая упругие деформации инструмента и заготовки и несущих их элементов в радиальном направлении;  $\tau_{\max}$  и  $\tau_{\min}$  - наибольшая и наименьшая тепловые деформации инструмента и заготовки в радиальном направлении (в плоскости, проходящей через оси шпинделей);  $6\omega$  - мгновенное поле рассеяния случайной величины - размера наладки, обеспечиваемое технологической системой,  $6\omega \Rightarrow T_{MH} = 6\sigma$ .

При числе звеньев размерной цепи более четырех их решение производится теоретико-вероятностным методом.

Допуск настроечного размера

$$T_H = \frac{1}{K_H} \sqrt{T_2^2 - K_i^2 (T_f^2 + 2T_\alpha^2 + 2T_p^2 + 2T_Y^2 + 2T_\tau^2 + T_{MH}^2)}, \quad (4)$$

где,  $K_H$  - относительный коэффициент рассеяние наладочного размера,  $K_i$  - относительный коэффициент рассеяние соответствующего составляющего,  $\Delta Y$  - диапазон изменений упругих деформаций инструмента и заготовки,  $\Delta \tau$  - диапазон изменений тепловых деформаций инструмента и заготовки.

Таким образом, при резбонакатывании на двухроликовом профиленкатном станке настроечные размеры могут быть определены из выражений (1), (2), (3), (4).

Для обеспечения высокой точности накатывания настройка станка должна производиться особенно тщательно. В этом случае время, затраченное на настройку, возрастает. И одним из направлений повышения эффективности процесса накатывания является упрощение процесса настройки станка и сокращение этим времени, затрачиваемого на ее выполнение при одновременном повышении обеспечиваемой ею точности.

На отклонения от параллельности шпинделей одновременно с погрешностями настройки влияют зазоры между элементами, обеспечивающими относительное перемещение подвижной шпиндельной головки, а в динамике и упругие деформации шпинделей. С другой стороны, зазоры между взаимоперебевающими элементами изменяются в зависимости от сроков эксплуатации станка, условий его эксплуатации и других причин. Поэтому принятие одного из формируемых в процессе накатывания выходных параметров (например, закономерности распределения усилия накатывания вдоль ролика) за основание настройки обеспечило бы и самонастраивание и высокую точность процесса обработки.

При настройке с обеспечением продольного взаимного положения роликов происходит относительное продольное линейное смещение их витков в направлении оси шпинделя.

В процессе резбонакатывания суммирование местных погрешностей шага витков роликов с погрешностями смещения является причиной больших значений погрешностей шага накатанных резьб.

Для обеспечения сравнительно высокой точности шага накатываемых резьб необходимо повышение точности настройки с обеспечением осевого положения роликов. А это увеличивает время, затрачиваемое на настройку, и уменьшает эффективность процесса. Для ликвидации отмеченных недостатков процесса спроектировано специальное дополнительное устройство к одному из шпиндельных узлов станка.

Принцип работы этого устройства основан на следующем. В процессе накатки действующие на боковые стороны резьбовых профилей роликов осевые составляющие силы накатывания различны (рис. 2). Это приводит к возможности осевого смещения одного из роликов. Он сжимается с 2-х сторон тарельчатыми пружинами, располагающимися на шпинделе (рис. 3). То есть ролик приобретает осевую свободу. Во время накатывания осевые силы, действующие на левую и правую стороны витков  $Q_1$  и  $Q_2$  различны,  $Q_1 \neq Q_2$  (рис. 2). Так как погрешности шага витков роликов, а также приобретенное в процессе настройки относительное их смещение являются причиной разницы в объемах материала, деформируемого левыми и правыми сторонами витков инструментов ( $a \neq b$ ), т.е. имеет разницу действующих на них сил.

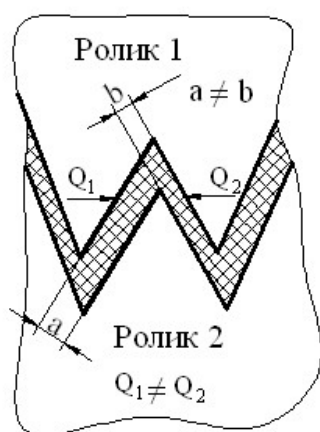


Рис. 2. Схема влияния смещения профилей роликов на элементарные силы накатывания

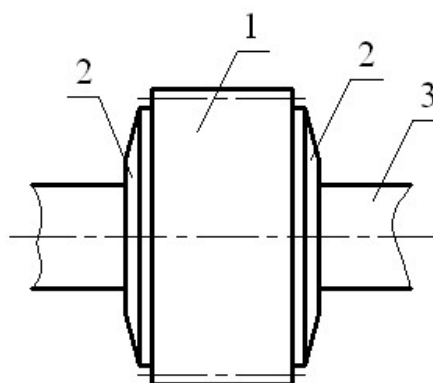


Рис. 3. Положение тарельчатых пружин на шпинделе

Разность указанных сил ( $Q_1 - Q_2$ ) заставляет ролик сместиться в направлении большей из сил. Сопротивление смещению ролика создается силой трения  $F_S$  на поверхности сопряжения ролик – шпиндель и силой осевой деформации пружины  $Q_e$ .

Для обеспечения осевого смещения ролика необходимое условие:  $Q_1 - Q_2 > F_S + Q_e$ . Чем меньше ( $F_S + Q_e$ ), тем выше способность устройства выполнять свое назначение.

Для уменьшения силы трения  $F_S$  необходимы мероприятия по уменьшению коэффициента трения между роликом и шпинделем, между поверхностями должна быть использована твердая смазка.

Осевые упругие деформации лепестков пружины должны быть равны осевому смещению профилей витков роликов. Они очень малы. Кроме того, благодаря расположению пружин по обе стороны ролика, они противодействуют друг другу. То есть в

момент осевой деформации лепестка  $Q_e$  равно нулю. Поэтому более правильно использование тарельчатых пружин, работающих под воздействием малых осевых усилий.

Для апробирования устройства на Машиностроительном заводе им. Саттархана был усовершенствован узел шпинделя двухроликового профиленкатного станка модели А2528. Один из роликов был оснащён двумя (с двух сторон) тарельчатыми пружинами, изготовленными из стали 65Г по особой технологии.

Для обеспечения полноценного выполнения служебного назначения и высокой работоспособности в лепестках пружины были образованы прорезы.

Схема расположения тарельчатых пружин (2) относительно ролика (1) на шпинделе (3) показана на рис. 3. Была произведена осевая настройка ролика. Был обеспечен контакт витков профилей роликов с одной стороны, с другой же стороны между первыми от начала станка входящими друг в друга профилями был образован зазор в 0,5 мм.

Апробация проводилась с использованием роликов для накатывания резьбы М24х2 шпилек в условиях серийного производства. Были накатан резьбы М24х2 на образцах шпилек из стали 40ХНМА длиной 25 мм и 36 мм по вариантам при существующем шпиндельном узле и усовершенствованном. Поверхности под резьбу были обработаны бесцентровым шлифованием от одной настройки. Для накатывания брались случайные образцы из партии отшлифованных заготовок. В обоих вариантах остальные условия резбонакатывания были одинаковыми. Число параллельных опытов было определено по существующим методикам.

У накатанных резьб измерялись и сравнивались локальные и прогрессивные погрешности шага. Местные погрешности шага были определены измерениями на микроскопе БМИ -1 по трем участкам образцов: на резьбах длиной 25 мм на расстояниях 5, 12 и 20 мм от конца образца и на резьбах длиной 36 мм на расстояниях 5, 17 и 30 мм.

Испытания показали, что при всех четырёх вариантах резбонакатывания погрешности шага резьб находятся в пределах допустимых ГОСТ 4608-81 ( $Tp = \pm 0,02 \text{ мм}$ ). В предложенном варианте, даже несмотря на начальное относительное смещение резьбовых профилей инструментов на 0,5 мм, наибольшая местная погрешность шага по сравнению с существующим вариантом накатывания получилась меньше, в среднем на 14%.

Были построены графики изменения накопленных погрешностей шага резьбы в зависимости от числа витков на длине свинчивания и затем произведено их сравнение. И при сравнении полученных прогрессивных погрешностей шага накатанных резьб наблюдается такая же картина. В обоих вариантах значения накопленных погрешностей шага резьбы получились сравнительно большими. Были измерены шаги инструментов и выявлено, что это связано с возникшими при изготовлении инструмента систематическими постоянными погрешностями.

По каждому из вариантов настройка станка производилась неоднократно (10 раз), и в каждом случае фиксировалось секундомером время, затрачиваемое на настройку. Несмотря на большой опыт выполнения настройки по существующим правилам, время, затраченное на предлагаемый вариант настройки (сборку шпинделя), оказалось в среднем на 23 % меньше. При настройке предложенным способом специальное настроенное устройство вообще не использовалось.

Таким образом, при резбонакатывании на двухроликовых профиленкатных станках настроечные размеры следует определять из выражений (1), (2) и (3). В этом случае будут обеспечены эффективность процесса резбонакатывания и высокий коэффициент запаса точности диаметральных размеров резьб. Выявлены настроечный

размер и факторы его формирующие, разработана конструкция специального устройства, обеспечивающая повышение эффективности процесса настройки.

Предлагаемое устройство обеспечивает повышение точности шага при накатывании резьбы, создает условия для сокращения времени, затрачиваемого на настройку, ликвидирует необходимость в наличии точных механизмов настройки на станке. Устройство рекомендуется к применению в процессе резьбонакатывания.

**Список литературы:** 1. Расулов Н.М. Размерный анализ технологических процессов. Баку, «Элм», (на азерб. языке) 2005, 223 с. 2. Киричек А.В., Афонин А.Н. Резьбонакатывание. Машиностроение, 2009, 312 с. 3. Ардеев Ж.А., Трущин В. А., Трущин О. В. и др. Метод элементарных балансов для расчета максимальных температур в поверхностных слоях металла при накатывании резьбы. Вестник машиностроения. М.: 1993, № 4, с. 50-52. 4. Патент Азербайджанской республики № I 2007076. Устройство для накатывания резьбы и профилей. Расулов Н.М., Мамедов Н.Т. Промышленная собственность. № 3, 2007.

#### **TO A QUESTION OF ADJUSTMENT OF TWO-ROLLER KNURLING MACHINE TOOL FOR THE RADIAL ROLLING OF**

**Rasulov N.M., Mamedov N.T. (AzTU, Baku, Azerbaijan)**

**Abstract:** In the article they are given the diagrams of the dynamic dimensional chain, which include pitch diameter of thread, the determination of adjustment size with the thread rolling by the radial feed. Are given is the construction of the device, which specifies an increase in the accuracy of pitch of thread and effectiveness of adjustment process.

**Key words:** rolling, thread, circular roller, adjustment, accuracy, chain.

#### **ДО ПИТАННЯ НАЛАШТУВАННЯ ДВУХРОЛІКОВОГО ПРОФІЛЕНАКАТНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ НАКАТУВАННЯ РІЗІ**

**Расулов Н.М., Мамедов М.Т. (АзТУ, м. Баку, Азербайджан)**

Тел / факс (99412) 438 32 80; E - mail: [nariman.rasulov@yahoo.com](mailto:nariman.rasulov@yahoo.com)

**Анотація:** У статті наведені схеми динамічних розмірних ланцюгів, що включають середній діаметр різі, визначення налагоджувального розміру при накатуванні різі радіальною подачею. Дана конструкція пристрою, що обумовлює підвищення точності кроку різі та ефективності процесу налагодження.

**Ключові слова:** накатка, різь, ролик, наладка, точність, ланцюг.

Надійшла до редколегії 08.02.2011.

**УДК 621.002.3: 621.89**

#### **ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ НА МЕХАНІЗМ ТРИБОСИНТЕЗУ АНТИФРИКЦІЙНИХ ПЛІВОК**

**Роїк Т.А., Віщюк Ю.Ю., Гавриш А.П., Мельник О.О., Хмілярчук О.І. (НТУУ «КПІ»,  
м. Київ, Україна)**

Тел. +38(044)423-01-89; E-mail: [yuliav@lanet.kiev.ua](mailto:yuliav@lanet.kiev.ua)

**Анотація.** В статті представлені результати досліджень впливу розроблених нових технологічних параметрів виготовлення на структуру та експлуатаційні властивості підшипникових матеріалів на основі міді. Встановлені закономірності впливу технологічних параметрів виготовлення підшипників ковзання на основі міді для

поліграфічних машин на механізм формування антифрикційних властивостей при високошвидкісному терті.

**Ключові слова:** підшипники ковзання, технологічні параметри виготовлення, режими експлуатації, зносостійкість.

**1. Вступ.** Стрімкий розвиток сучасної поліграфічної техніки передбачає підвищення працездатності високопродуктивного обладнання, машин та механізмів, що виявляється неможливим без використання нових матеріалів з якісно новим рівнем функціональних властивостей, здатних забезпечити високу надійність та довговічність деталей. Тому для забезпечення високої антифрикційності підшипників ковзання необхідно застосовувати певні технологічні заходи, які дозволять сформувати та забезпечити наявність наперед заданих структурних складників та фаз, які сприяють зниженню коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування, а, отже, підвищенню коефіцієнту корисної дії (ККД) машин та механізмів поліграфічного обладнання [1-3].

На жаль, існуючі технології виготовлення не забезпечують високий рівень функціональних властивостей підшипників ковзання поліграфічних машин. Отже, розробка нових методів та технологій виготовлення деталей, здатних підвищити надійність вузлів тертя друкарських машин є актуальним завданням та потребує комплексу досліджень.

## 2. Загальний зміст та результати роботи

Предметом досліджень були обрані підшипникові матеріали на основі міді системи  $\text{Cu} - 5\% \text{Ni} - 3\% \text{Mo} - 9\% \text{CaF}_2$  (ДН5МЗКФ9). У ролі твердої змазки було обрано

хімічно та термічно стійкий фторид кальцію ( $\text{CaF}_2$ ).

Виготовлення підшипникових матеріалів на основі ДН5МЗКФ9 проводилось із застосуванням методів порошкової металургії.

Після змішування шихти застосовували двостороннє пресування. Величини питомого тиску були 400–450 МПа. Спінання проводили в печі СНОЛ 1.3 у захисному газі ( $\text{H}_2$ ) для запобігання окиснення зразків.

Загальна схема процесів одержання підшипників на основі

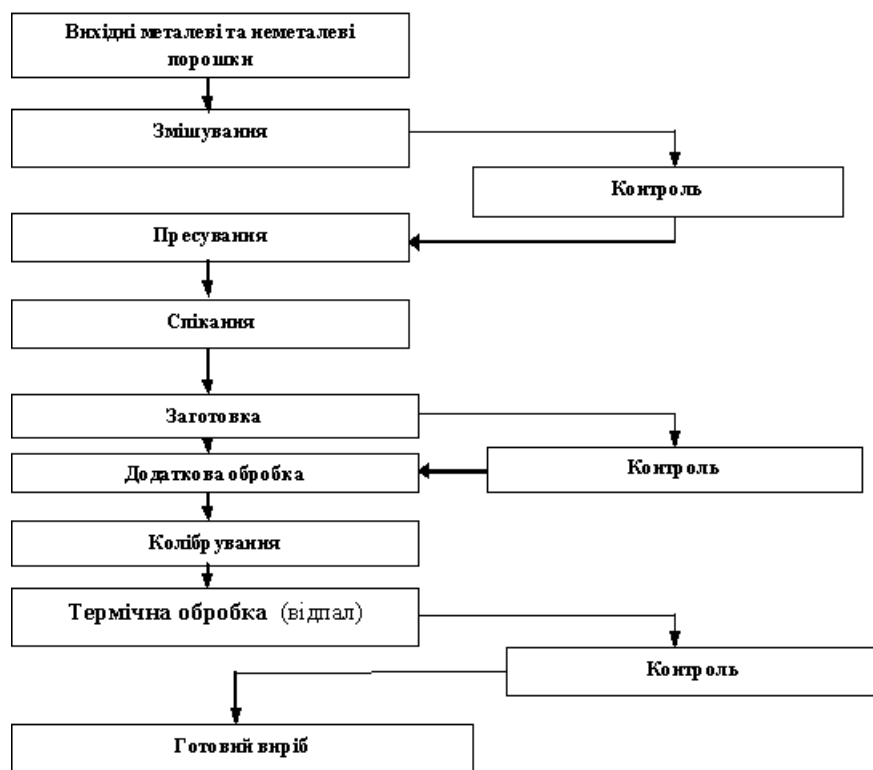


Рис. 1. Загальна схема процесу виготовлення композиційних високошвидкісних матеріалів на основі міді

міді для друкарських машин наведена на рис. 1.

Для оптимізації температури спікання було виконано серію експериментів. Спікання при різних температурах проводили з метою встановлення оптимальної температури (рис. 2).

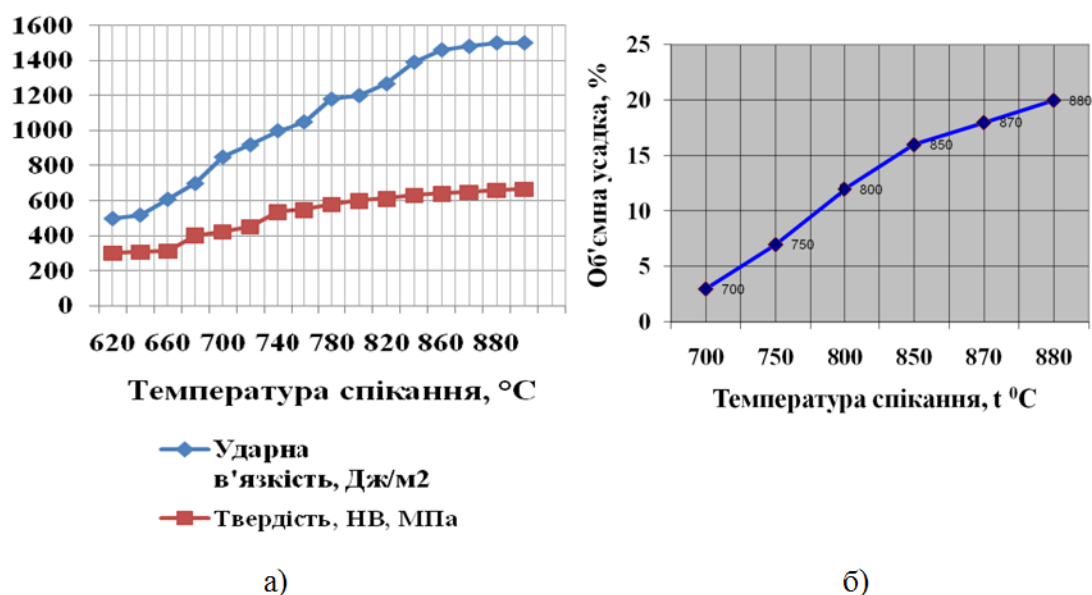


Рис.2. Залежності а) ударної в'язкості та твердості, б) об'ємної усадки від температури спікання підшипників ковзання на основі міді

Критеріями оцінки оптимальної температури спікання були величини ударної в'язкості ( $KC$ ), об'ємної усадки ( $\frac{\Delta V}{V}$ ), твердості (НВ), а також зміни структури матеріалів (рис. 2 а, б).

Як видно з рис. 2 а, б суттєве збільшення об'ємної усадки і механічних властивостей (НВ і  $KC$ ) починається з температури спікання 800°C. Підвищення температури спікання до 870°C призводить до подальшого збільшення  $\frac{\Delta V}{V}$  і механічних властивостей.

Можна припустити, що, починаючи з температури спікання 800°C, відбувається взаємодія складових металевих компонентів досліджених композицій з утворенням твердих розчинів. Отже, оптимальною температурою спікання було встановлено 820-870° С.

За схемою (рис. 1) виготовляли підшипники з матеріалу ДН5М3КФ9 з пористістю 6-8 % Для виготовлення підшипників з більш низькою пористістю (3,6–4,2%) застосували додаткове пресування і повторну термічну обробку (відпал).

В результаті комплексу застосовуваних технологічних операцій одержали матеріал зі структурою, що складається з  $\alpha$ - твердого розчину на основі міді, легованого молібденом та нікелем, з домішками твердого мастила та включеннями інтерметалідів, що видно з рис. 3.

Молібден у кількості 3% вводили для підвищення твердості матеріалу ДН5М3КФ9 та зменшення ступеню деформування, оскільки при підвищених навантаженнях на ділянках фактичного контакту тиск перевищує межу плинності особливо при підвищених швидкостях обертання. Молібден зміцнює металеву матрицю, утворюючи інтерметалідні сполуки ( $Ni_3Mo$ ).



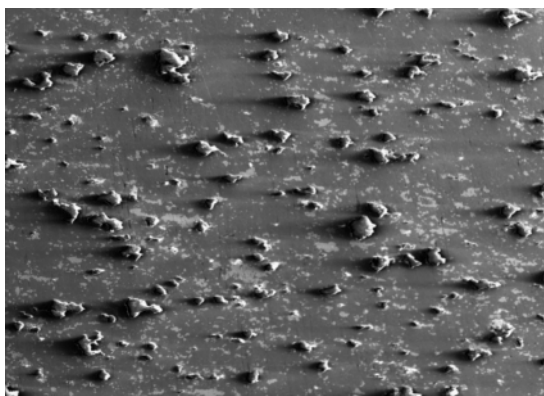


Рис. 3. Растрова електронна мікроскопія композиційного матеріалу ДН5МЗКФ9 у вторинних електронах

Отримана гетерогенна структура (рис. 2, 3) забезпечила високий рівень фізико-механічних та триботехнічних властивостей при відповідних режимах роботи (табл. 1).

При виконанні експериментів у роботі було проведено триботехнічні випробування зразків усіх отриманих складів і зразків з литого бабіту Б83 та бронзи Бр.ОЦС6-6-3 (для порівняння) при режимах, що відповідають роботі натуральних підшипників. Випробування виконувались як у присутності рідкого мастила, так і при «сухому» терті.

Для триботехнічних випробувань використовували машину тертя ВМТ-1, швидкість обертання 120-400 об./хв. (60 м/с), навантаження 5,0-7,0 МПа в парі з контртілом зі сталі 20Х (HRC<sub>3</sub>=51-55), для зразків з Б83 та Бр.ОЦС6-6-3 застосовували мастило И-20 [2-4]. Випробування проводили у парі з контртілом зі сталі 20Х (табл. 1). Досліджуваний матеріал ДН5МЗКФ9 при високих навантаженнях демонструє низькі значення коефіцієнту тертя і величину зносу, у той час як бабіт Б83 та бронза Бр.ОЦС6-6-3 стають неприцездатними.

Таблиця 1. Триботехнічні властивості досліджуваних підшипників, литого бабіту Б83 і бронзи Бр.ОЦС6-6-3

№ п / п	Марка матеріалу	Швид - кість, об./хв	Наванта - жен ня, Р, МПа	Коефі - цієнт тертя, f	Ліній - ний знос зразк а, мкм/к м	Масови й знос контр - тіла, мг/км	Темпе - ратура зразка, °С	Примітка
1	Б83	70	1,5	0,028	7	+0,08	51	Тертя з рідким мастилом
2	Б83	80	1,5	0,073	9	+0,1	60	
3	Б83	90	2,0	пластичне деформування				-
4	БрОЦС6-6-3	100	3,0	0,098	124	+3,28	370	Тертя з рідким мастилом
5	ДН5МЗК Ф9	200	7,0	0,16	30	-0,7	130	Тертя без мастила, на поверхні контртіла видно розділову плівку
6	ДН5МЗК Ф9	400	5,0	0,2	46	-2,8	280	Тертя без мастила, на поверхні контртіла видно розділову плівку

Новий матеріал, що містить тверду змазку  $\text{CaF}_2$  має переваги перед бабітом Б83 та бронзою Бр.ОЦС6-6-3 ще в тому, що у разі припинення подачі мастила він стабільно працює завдяки утворенню розділових плівок тертя.

Температури в зоні тертя при високих навантаженнях на пару тертя можуть досягати вершин більше  $250\text{ }^\circ\text{C}$ , але завдяки високій теплопровідності нового матеріалу на основі міді (на відміну від бабіту та бронзи), досягається інтенсивне відведення тепла із зони тертя.

Результати триботехнічних випробувань (табл. 1) показали, що підшипник ДН5МЗКФ9 за рівнем антифрикційних властивостей у важких умовах праці значно перевершує литий бабіт Б83 та бронзу Бр.ОЦС6-6-3. Наявність  $\text{CaF}_2$  забезпечує перенос матеріалу твердої змазки на робочу поверхню контртіла, про що свідчить утворення розділових антизадирних плівок. Це може забезпечити безперебійну роботу вузла тертя при раптовому припиненні подачі змашувального мастила чи інших аварійних ситуаціях.

Механізм утворення самозмашувальної плівки тертя зображений на рис. 4. Як видно з рис. 3, фторид кальцію, розмірами частинок  $19,3\text{--}39,6\text{ мкм}$  рівномірно розташований в матриці матеріалу ДН5МЗКФ9, виходить на поверхню тертя під дією сил навантажень, намащується, утворюючи суцільний шар, який зношується і постійно відновлюється в процесі роботи.

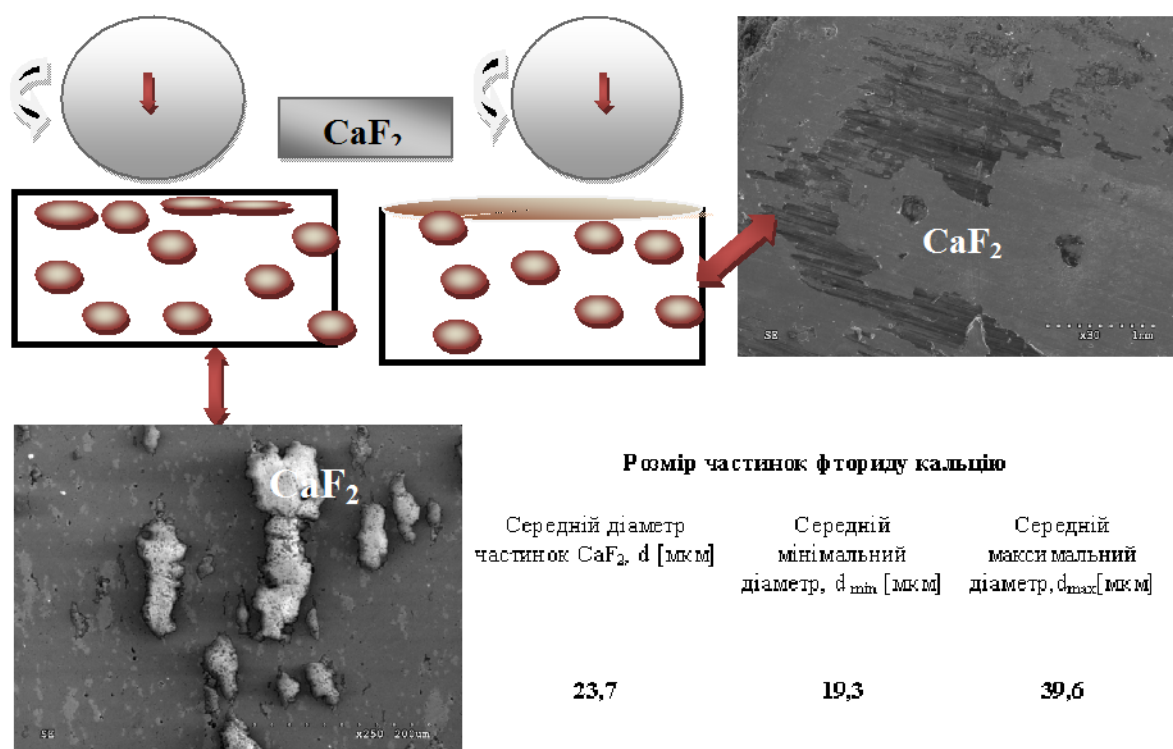


Рис. 4. Механізм утворення самозмашувальної плівки тертя з фторидом кальцію

Наявність  $\text{CaF}_2$  забезпечує перенос твердої змазки на робочу поверхню контртіла, про що свідчить утворення розділових антизадирних плівок (вторинних структур). Це може забезпечити безперебійну роботу вузла тертя при раптовому припиненні подачі змашувального мастила чи інших аварійних ситуаціях. Окрім елементів пари тертя у плівках вторинних структур, що утворились при роботі, міститься значна кількість кисню, що свідчить про окислювальний характер тертя і, як наслідок, окисдну природу утворених складових у фрикційній зоні.

Вказане дозволило визначити та рекомендувати оптимальні умови експлуатації підшипників ковзання системи  $\text{Cu}+5\%\text{Ni}+3\%\text{Mo}+9\%\text{CaF}_2$ , а саме:

- швидкість обертання 120-400 об./хв. (30-40 м/с), навантаження до  $P=7,0$  МПа;
- контртіло – сталь 20Х (51-55HRC);
- на повітрі без змащування рідким мастилом.

### 3. Висновки

Таким чином, у зазначених умовах експлуатації підшипники ковзання на основі  $\text{Cu}+5\%\text{Ni}+3\%\text{Mo}+9\%\text{CaF}_2$ , виготовлені за розробленими технологічними параметрами, здатні значно підвищити надійність та довговічність високооберткових вузлів тертя поліграфічної техніки, про що свідчать результати промислових натурних випробувань на Державному видавництві «Преса України» у вузлі тертя друкарської машини КВА RAPIDA-105. Сумарний економічний ефект від впровадження розроблених підшипників ковзання склав 11037,60 грн. на рік.

**Список літератури:** 1. Пат. 41532 України МПК С22С33/02. Підшипниковий композиційний матеріал / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, О.А. Гавриш, Ю.Ю. Віщук, В.В. Холявко, О.О. Мельник, О.С. Луфепенко; власник НТУУ «КПІ». – № u200814923; заявл.24.12.2008. опубл. 25.05.2009, Бюл.№ 10. 2. Роїк Т.А.Сучасні системи технологій заготівельного виробництва в машинобудуванні: Монографія // Роїк Т.А., Гавриш А.П., Гавриш О.А. – К:ЕКМО, 2010. – 212 с. 3. Influence of  $\text{CaF}_2$  layer on friction behaviour of Cu based composites / [K.Konopka, T.Roik, Yu.Vitsuk, T.Mazan] // September 13-17 Warsaw University of Technology “MRS Fall Meeting-2010”. – Poland. – С.56-57. 4. Вибір режимів експлуатації композиційних антифрикційних нікелевих матеріалів на основі аналізу вторинних структур / [А.П.Гавриш, Т.А.Роїк, Ю.Ю.Віщук, О.О.Мельник] // Наукові нотатки. – Луцьк. – Вип. 25 (ч. 1). – С. 73 – 79.

### **INFLUENCE OF MAKING TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF SLIDING BEARINGS FOR THE MECHANISM TRIBOSYNTHESIS OF ANTIFRICTION FILMS**

**T.Roik, Y.Vitsuk, A.Gavrish, O.Melnik, O.Chmiliarchyk** (NTUU «KPI», Kyiv, Ukraine)

**Abstract:** In the article the influence of making technological operations for the structure formation and service properties of bearings materials based on copper have been presented. The work results in ascertainment of the rules concerning how technological characteristics of sliding bearings production can impact the mechanism of antifriction properties formation during high-speed friction process.

**Key words:** sliding bearings, processing characteristics of the manufacturing, exploitation conditions, wear-resistance.

### **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА МЕХАНИЗМ ТРИБОСИНТЕЗА АНТИФРИКЦИОННЫХ ПЛЕНОК**

**Роик Т.А., Вищук Ю.Ю., Гавриш А.П., Мельник Е.А, Хмилярчук О.И.** (НТУУ «КПИ», г.Киев, Украина)

**Аннотация.** Представлены результаты исследования влияния разработанных новых технологических параметров изготовления на структуру и эксплуатационные свойства подшипниковых материалов на основе меди. Установлены закономерности влияния технологических параметров изготовления подшипников скольжения на основе меди для полиграфических машин на механизм формирования антифрикционных свойств при высокоскоростном трении.

**Ключевые слова:** подшипники скольжения, технологические параметры изготовления, режимы эксплуатации, износостойкость.

Надійшла до редколегії 10.02.2011.